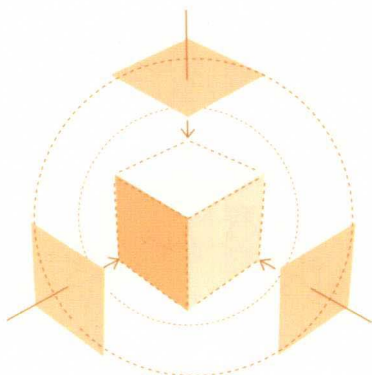




主辅制造系统协同生产博弈模型 及其复杂动力学研究


黄毅敏◎著



STUDY ON THE GAME MODEL AND COMPLEX DYNAMICS OF
THE CO PRODUCTION OF
THE MAIN & AUXILIARY MANUFACTURERS SYSTEM

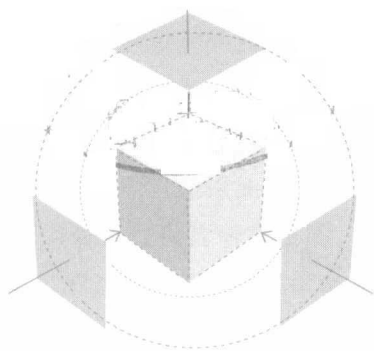


经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE



主辅制造系统协同生产博弈模型 及其复杂动力学研究

黄毅敏◎著



经济管理出版社
ECONOMY & MANAGEMENT PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

主辅制造系统协同生产博弈模型及其复杂动力学研究/黄毅敏著. —北京: 经济管理出版社, 2018. 12

ISBN 978 - 7 - 5096 - 6218 - 2

I. ①主… II. ①黄… III. ①博弈论—应用—企业管理—生产管理—研究 IV. ①F273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 275962 号

组稿编辑: 丁慧敏

责任编辑: 丁慧敏 韩 峰 乔倩颖

责任印制: 司东翔

责任校对: 张晓燕

出版发行: 经济管理出版社

(北京市海淀区北蜂窝 8 号中雅大厦 A 座 11 层 100038)

网 址: www.E-mp.com.cn

电 话: (010) 51915602

印 刷: 北京玺诚印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 720mm × 1000mm/16

印 张: 8.25

字 数: 139 千字

版 次: 2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5096 - 6218 - 2

定 价: 38.00 元

· 版权所有 翻印必究 ·

凡购本社图书, 如有印装错误, 由本社读者服务部负责调换。

联系地址: 北京阜外月坛北小街 2 号

电话: (010) 68022974 邮编: 100836

前 言

随着市场竞争的进一步加剧，大多数产品都在一定程度上受到互补品的影响，企业间的竞争不仅局限于产业内部，越来越多的企业选择在产业外部的“蓝海区域”进行拓展，企业管理创新势在必行。然而，互补品策略的选择是一项复杂的系统工程，受到诸如产品发展周期、主体产品之间的替代性、主体产品与互补品之间的互补性、决策模式等因素的影响。所以，企业必须认真辨析上述因素才能有效地利用互补品策略来达到盈利的目的。本书借鉴了国内外相关学者的研究，以制造商及其互补品制造商组成的主辅制造商复杂系统为研究对象，基于行为科学相关理论探索制造商行为视角下的主辅制造系统的稳定性及最优控制问题。本书的主要研究内容以及创新性结论如下：

第一，以互补品策略的演化过程为研究目的，分别构建了无互补品策略模型、单边互补品策略模型、双边竞争的互补品策略模型、双边合作的互补品策略模型。用模型解析与数值仿真相结合的方法，研究了参数变化对模型稳定性的影响。研究发现，单边的互补品策略是一个不稳定的策略，而在双边合作的互补品策略模型下，随着互补性的提高，系统所有成员都是受益的。

第二，构建了主辅制造商互补策略的 Cournot - Bertrand 混合动态博弈模型，借助混沌理论与动态仿真探索 Cournot - Bertrand 混合动态博弈模型所变异的复杂动力学特征。研究结果表明，系统存在模型纳什均衡点，随着参数的变化，系统的稳定性会随之发生变化；参数调整控制法能很好地控制系统的混沌行为。

第三，考虑制造商的风险偏好、质量投资和企业社会责任，构建了主辅制造商在不同市场结构下的动态博弈模型。运用分岔图、最大李雅普诺夫指数、0 - 1



测试探索系统所变异的复杂动力学特征。研究表明参数对系统稳定性有很大的影响，参数值应该保持在一定的范围内，否则系统将会被周期分岔进入混沌状态。最后运用参数域对三个模型进行稳定域分析，发现 Stackelberg 博弈模型比纳什博弈模型具有更好的稳定性。

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 中国制造业发展现状、困境	2
1.2.1 中国制造业发展现状	2
1.2.2 中国制造业发展外部困境	3
1.2.3 中国制造企业内部基础能力薄弱	4
1.3 国内外研究综述	7
1.3.1 主辅制造商协同生产互补品策略的研究综述	7
1.3.2 制造商行为研究综述（风险、质量、社会责任）	9
1.3.3 混沌理论研究综述	11
1.4 主要研究问题	17
1.5 研究内容与创新	18
1.5.1 研究内容及框架	18
1.5.2 研究创新	20
2 相关理论基础	22
2.1 博弈模型	22
2.1.1 经典的博弈案例	22
2.1.2 经典博弈模型	25
2.2 动力系统的基础理论	30



2.2.1	动力系统	31
2.2.2	不动点的稳定性	31
2.2.3	分岔	32
2.2.4	吸引子	32
2.2.5	李雅普诺夫指数	33
2.3	混沌动力学基础理论	34
2.3.1	混沌的定义	34
2.3.2	通向混沌的道路	35
2.4	系统稳定性判据	37
2.4.1	连续系统稳定性判据	37
2.4.2	离散系统稳定性判据	37
2.5	经济系统混沌控制方法	39
2.5.1	状态反馈和参数调整控制法	39
2.5.2	延迟反馈控制法	40
2.5.3	变量反馈控制法	41
	本章小结	41
3	基于互补品策略的主辅制造商协同生产演化机制	42
3.1	问题的提出	42
3.2	概念模型与假设	45
3.3	数学建模与仿真	46
3.3.1	无互补品策略模型	46
3.3.2	单边互补品策略模型	47
3.3.3	双边竞争的互补品策略模型	51
3.3.4	双边合作的互补品策略模型	55
	本章小结	65
4	基于互补策略的主辅制造商 Cournot - Bertrand 博弈模型	67
4.1	问题描述与模型构建	67
4.1.1	模型假设	68



4.1.2	符号说明	68
4.1.3	模型构建	69
4.2	离散决策下 Cournot – Bertrand 混合博弈模型的复杂性分析	70
4.2.1	平衡点分析	72
4.2.2	稳定性分析	72
4.3	数值模拟	75
4.3.1	参数变化对系统特性的影响	75
4.3.2	调整速度对系统特征的影响	77
4.4	系统稳定性控制	80
	本章小结	82
5	基于厂商行为的主辅制造商互补策略博弈模型研究	83
5.1	问题描述与模型构建	83
5.1.1	问题描述	83
5.1.2	模型假设	84
5.1.3	模型构建	84
5.2	M_1S 博弈模型	85
5.2.1	M_1S 博弈模型	85
5.2.2	M_1S 博弈模型复杂性分析	87
5.3	M_2S 博弈模型	90
5.3.1	M_2S 博弈模型	90
5.3.2	M_2S 博弈模型复杂性分析	92
5.4	纳什均衡博弈模型	94
5.4.1	纳什均衡博弈模型分析	94
5.4.2	纳什均衡博弈模型复杂性分析	95
5.5	三种模型的分析与比较	98
5.5.1	三个系统模型的分析与比较	98
5.5.2	基于参数域的三个模型比较	98
	本章小结	101



6 结论与展望	102
6.1 结论	102
6.2 研究展望	104
参考文献	106
后记	122

1 绪 论

1.1 研究背景与意义

从1978年到2008年,在市场经济的推动下,中国制造业快速发展,呈现出“生产什么产品都赚钱,采用哪种方式生产都赚钱”的格局^[1]。2008年以来的新一轮经济调整中,中国制造业备受冲击,制造商之间的竞争日益激烈,产品和技术不断被模仿和被超越,导致产品不断被替代或者被淘汰。企业为了保持产品的独特性及利润的稳步增长,可以采用产品研发推动式经营模式,也可以采用创造客户需求拉动式经营模式。随着产品复杂程度的提升,产品研发是一个复杂的系统工程,需要众多企业协同参与,而且呈现高成本、高风险特征。近年来,通过广告、服务延伸等创造客户需求的策略,已经受到学术界的广泛关注^{[2][3]}。通过广告可以进一步让消费者认识商品,增加商誉,从而扩大商品的影响力,增加企业利润。然而,广告和服务延伸的边际效益是递减的,而且成本也比较高,大量的投资未必能带来明显的效果。在实践中,企业决策者想通过延迟决策来提升把握信息的准确性,减少需求和生产的不确定性,一定程度上弱化“牛鞭效应”,减少库存,增加企业利润,使企业决策接近或达到最优状态。但是企业还是在固有的市场规模下竞争,无法充分利用外部资源来创造需求。在精益管理模式下,企业想不增加投资来实现利润的增长,就需要充分整合各方面的资源。在竞争日益激烈的环境下,企业间的竞争不仅局限于产业内部,因为大多数产品都在一定



程度上受到互补品的影响。近年来，互补品策略吸引了众多的研究兴趣，在这种市场背景下，互补品的制造商之间是耦合的，互补品如计算机硬件和软件、铅笔和铅笔刀、洗衣机和烘干机之间的需求是相互关联的。互补品的营销范式和替代品的营销范式是不同的，互补品是从其他制造商的销售中获得利润，替代品是从其他制造商的销售损失中获得利润。一个制造商的市场决策会对其他制造商的市场表现产生影响，如惠普上市世界领先的激光打印机，佳能对同一个市场供应组件。所以，一个产品的定价决策对顾客的需求和另一个产品的产量都会产生很大的影响。

互补品策略的选择是一项复杂工程，受到诸如产品发展周期、主体产品之间的替代性、主体产品与互补品之间的互补性、决策模式等因素的影响。所以，企业必须认真辨析上述因素才能有效利用互补品策略来达到盈利的目的。为了解决上述问题，笔者基于互补品策略的系统分析，构建了基于互补品策略的主辅制造商^[4]^①协同生产博弈模型群，并对系统的复杂特性进行分析。

1.2 中国制造业发展现状、困境

1.2.1 中国制造业发展现状

2010年，中国制造业产出占世界的比重为19.8%，超过美国所占的比重19.4%。2012年，在500种主要工业产品中，居全球首位的中国制造高达220种。中国在重要领域的技术集成和制造能力上跻身世界先进行列，成为当之无愧的制造业大国^{[5][6]}。

然而，中国制造业从整体上讲还处于大而不强的阶段，呈现出低质、低效、高成本、高能耗、高污染等现象；尚未创造出能引领世界设计和制造的产品及品

^① 从目前全球制造企业来看，主制造商一般是覆盖全价值链实力强劲的制造企业，其利用领先优势覆盖着从产品创意直至产品交付和服务的完整价值链过程，处于核心地位，而数量众多的企业则处在制造生产这一价值链的中间环节，即所谓的辅制造商。



牌；制造业信息化、数字化及智能化水平低；落后产能过剩、产业结构显著不合理；关键部件仍依靠进口，研发投入产出明显不高。中国虽被冠以“制造大国”的称号，却迟迟没能跨入“制造强国”的行列^[7]。《财富》“世界 500 强排行榜”中几类制造业人均利润可以说明上述情况，详见表 1-1。

表 1-1 世界 500 强企业中化工、钢铁、电子、计算机行业经营情况

行业	企业名字	利润（百万美元）	人均利润（万美元/人）
化工	中国石油化工集团公司	7628.7	1.19
	中国石油天然气集团公司	14366.9	0.86
	荷兰皇家壳牌石油公司	20127	22.36
	埃克森美孚	30460	35.42
钢铁	中国宝钢	1866.7	1.43
	中国首钢	212.8	0.16
	浦项制铁	3293.1	16.47
电子	中国电子信息产业集团	203	0.18
	三星电子	12059.1	7.68
	日立	4397.1	1.27
	西门子	8561.9	1.86
计算机	联想集团	473	1.13
	惠普	7074	2.21
	戴尔	3492	4.65

资料来源：根据《财富》“2013 年世界 500 强排行榜”和企业公报数据整理得到。

1.2.2 中国制造业发展外部困境

中国制造业面临外部困境主要体现在金融危机爆发后，以美国为代表的发达国家迅速采取了包括加强制造业立法、增加先进制造业研发投入、扩大出口与贸易保护等一系列措施，促使制造业回归本土。发达国家纷纷提出的制造业回归本土，不是要实现传统制造业的简单再回归，而是要进一步增强自己在传统制造业优势环节的竞争力，尤其是创造出更高端的具有更高附加值的新兴产业，抢占 21 世纪先进制造业制高点，从而快速增强国内实体经济的实力，使经济发展具



有更加坚实的基础。

先以美国为例说明上述情况。为了调整拉动经济增长的“三驾马车”，美国将过分依赖消费拉动经济增长的方式调整为扩大出口以带动经济增长的方式。同时，重振制造业更是美国经济去“空心化”战略，是利用制造业作为创新的温床，通过发展先进制造业，以实体经济为支撑实施的创新战略^[8]。2009年12月，美国政府公布了《重振美国制造业框架》，详细分析了重振制造业的理论基础、优势与挑战，并系统地提出了七个方面的政策措施；2010年7月，美国众议院启动“美国制造”行动议程^[9]；2010年10月，奥巴马总统签署了《2010年美国制造业促进法案》^[10]；2011年2月，美国政府公布了《美国创新战略：确保我们的经济增长和繁荣》^[11]；2012年2月，美国总统执行办公室国家科技委员会发布了《先进制造业国家战略计划》^[12]研究报告，报告从投资、劳动力和创新等方面具体提出了促进美国先进制造业发展的五大目标及相应的对策措施。《华尔街日报》报道称，福特汽车公司等一些美国企业已经在考虑将部分生产活动回迁美国，波士顿咨询集团基于六家企业的分析，认为企业回迁美国将带来每年1000亿美元的产出^{[13][14]}。先进制造强国的制造业回归将会导致中国出口导向型企业面临订单下滑、产能过剩增加的巨大压力，严重挤压中国传统制造业生存与发展的空间，同时增加中国制造业企业向价值链高端提升的难度，可能拉大中国与发达国家在新兴技术上的差距^{[15][16]}。另外，2000年以来，发展中国家整体的年均经济增长率为4.8%，远超发达国家2.0%的年均增长率^[17]。新兴大市场（墨西哥、巴西、阿根廷、印度、印尼、南非、韩国、波兰和土耳其）已成为新兴经济体中增长最快、最具活力的群体^[18]，必将对中国制造业发展造成一定的影响。

制造业发展特征及其面临的外部困境形成了制约中国制造业发展的强大阻力，如图1-1所示。

1.2.3 中国制造企业内部基础能力薄弱

1.2.3.1 中国制造业 IE 基础累积不够

目前，众多中国企业采用精益生产、六西格玛管理、流程再造、ERP等技术和应用系统来改善生产实践，但整体效果不佳。究其原因主要是由于中国制造业实践过程中IE基础累积不够导致不能将精益生产、六西格玛、流程再造、ERP等技术和应用系统深化到企业基础能力提升中去。

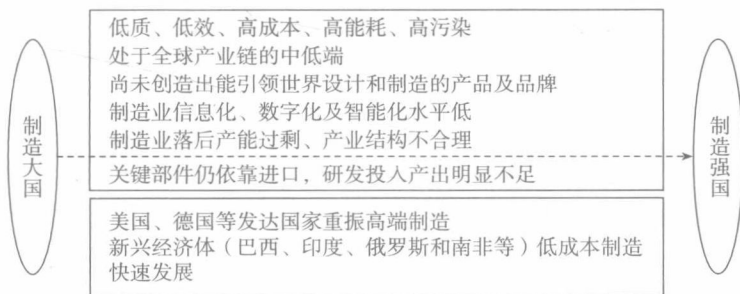


图 1-1 中国制造业的发展环境

中国制造业实践过程中 IE 基础累积不够的原因有：①与工业发达国家和地区相比，中国 IE 起步晚，从时间维度上看，累积程度明显不足。美国 19 世纪末 20 世纪初创造了 IE 并开始应用，日本 20 世纪 40 年代开始学习并应用 IE，韩国 20 世纪 50 年代开始学习并应用 IE，中国台湾地区 20 世纪 60 年代开始学习并应用 IE，中国大陆地区 20 世纪 90 年代才开始学习并应用 IE。②历史错差忽视了工作研究、人因工程等基础性管理技术在企业管理和工程中的应用与研究。中国学习与应用 IE 是在中国商品经济的发展大大滞后于西方工业化国家、科学技术发展水平却远远超过西方国家工业起步时的水平的背景下开始的。在这种背景下，中国制造业在 1978 ~ 2008 年快速发展。在强大市场经济的推动下，制造企业呈现“生产什么产品都赚钱，采用哪种方式生产都赚钱”的格局，导致企业在实践中忽视了对基础 IE 的应用与研究。

中国制造业 IE 累积不够与历史错差共同导致制造企业缺乏对本企业资源配置规律性的基础研究，企业从产品开发到市场服务的众多微观环节面临流程不畅、成本过高、产品可靠性差、生产与服务系统柔性化水平低、劳动生产率与设备利用率低等现实问题，进而造成中国制造业呈现低质、低效、高成本、高能耗、高污染的特征，缺乏抗击市场波动的能力。大量企业实践表明，即使 ERP 系统设计再先进，也经常因缺乏 IE 基础而导致企业资金流、物流、信息流脱节，进而导致 ERP 系统的紊乱^[19]。

1.2.3.2 中国制造企业实践中重技术、轻管理

先进的制造业工程技术只是生产力提升的必要条件，而不是充分条件。技术的改进可能仅仅带来成本的降低、效率的提高。与先进工程技术相匹配的应该是



一种更有效的资源整合范式，它是技术创新得以转化为生产力的又一个必要条件。也就是说制造企业生产力的发展不仅仅是靠技术思想、技术发明和技术转化过程就能完全实现的，它必须依赖企业更为广泛复杂的有效管理活动才能完成和实现。同行企业具有同样的技术基础，却表现出不一样的运营结果，就是企业重技术轻管理的集中体现。因此，技术与管理的有机结合才是发展生产力的充要条件。制造企业的发展既需要技术的升级与创新，需要不断地吸收现代科学技术新成果来改进制造能力，同时也需要以企业系统资源配置新方式为核心的管理来确保技术创新有效转化。然而，中国制造企业在实践中一味地追求引进新技术或技术创新，试图只采用先进技术来提升整体实力，结果是新技术的应用引发一系列新的管理方面的问题，面对这些新的管理问题，企业又通过技术升级的方式去解决它，从而走进了一个从技术到技术的死循环，其结果是事倍功半。

1.2.3.3 中国制造业缺乏管理与技术集成创新的能力

美国《商业周刊》发布2009年度全球最佳品牌100强，中国企业榜上无名；英国发布2010年全球最有价值的500个名牌，中国仅有19个；这说明中国制造业创新水平较低。其成因主要有：①制造业技术引进后，消化吸收的比重严重不足。中国制造业技术引进经费与消化吸收经费的支出比例大致保持在1:0.15的水平；日本、韩国技术引进经费与消化吸收经费的支出比例大致保持在1:3的水平，远远高于中国。②中国制造业尚未形成集成创新机制。中国制造企业没有建立诸如产品、设备、材料这些“硬技术”和关于生产要素、人和环境的资源组合配置的“软技术”的集成创新机制。企业技术研发虽然取得了相应的成果，但是制造工艺创新等价值链上其他环节的研发重视力度不够，导致虽有创新但没有形成系统，不能将其投入市场，很难实现价值链升级与增值。③专业技术创新与管理创新协同性差。专业技术创新与管理创新不协同，专业技术创新成果缺乏转化与释放的机制和通道，同时缺少必要的科学指导和过程管理，投入大、周期长、效果小。管理技术创新与专业技术创新如同一驾马车的两个轮子，缺一个轮子或两个轮子不同步就会导致马车不能运转或原地转圈，虽有创新，也不能高效地转化成生产力^[20]。

结合上述分析，可以得出迈向制造强国的中国制造业面临内部基础能力薄弱、外部发达国家制造业回归本土及新兴经济体低成本制造迅速发展的三重困境，详见图1-2。在这些因素中，制造业内部因素及其成因是中国制造业能否

成功迈向制造强国的核心问题。全力解决企业内部基础能力薄弱的问题，学习应用 IE，重构制造业基础能力是实现中国制造业突围的必由之路。

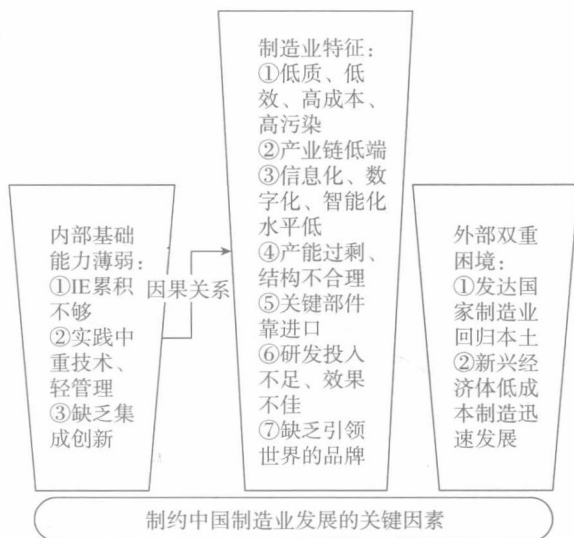


图 1-2 中国制造业面临的困境

1.3 国内外研究综述

1.3.1 主辅制造商协同生产互补品策略的研究综述

目前，相当一部分的研究是关于单个产品或者多个替代品在不同条件下的优化与控制问题^{[21][22][23][24][25][26][27]}。对于这类经济模型，顾客依据他们的偏好进行商品的选择。然而，当消费者可以同时购买多个产品来获得产品的最大效用时，就出现了互补品的概念。关于互补品方面的文献主要集中在生产商和零售商之间互补品捆绑销售定价问题。文献^[28]研究得出公司应该根据捆绑消费的值来设定价格。Economides^[29]研究了通过销售比较受顾客喜欢的复合产品，一个公司



可以对互补品索要更高的价格，证实了公司的销售依赖于捆绑价格和产品的互补度的观点。Yue^[30]考虑在信息不对称情形下，构建一个互补品利润最大化模型来获得最优定价策略，互补品由两个独立的公司提供。Yan^[31]研究了一个利润最大化模型，这篇文章提供了一个研究框架，可以帮助公司发现最优的捆绑产品种类和定价策略从而最大化他们的收益。如果一个公司用捆绑策略来销售它的产品，它应该联合互补性比较高的产品，制定一个比较低的价格。捆绑策略能提高市场基础大小和价格敏感性。Sandro^[32]构建了价格竞争的 two - good mode，提出当两种产品是互补品时，它们的价格是负相关关系，也就是当一个价格高时，另一个价格就低，而且互补品价格是不经常出现同时折扣的，捆绑实践显示出互补品价格同时折扣对零售商的利润是有害的。Yan^[33]研究了产品的互补性和广告对捆绑销售策略的影响，用一个利润最大化模型来表示当一个公司销售捆绑产品时，产品的互补性和广告都影响捆绑商品的表现。有广告的捆绑策略能帮助公司获得较好的表现，然而，价格折扣必须对顾客具有吸引力且产品互补程度必须比较高，这样具有广告效应的捆绑策略才能获得成功。当互补性程度提高时，公司在广告方面的投入可以减少。

制造商之间的 Cournot - Bertrand 竞争将市场分为两种类型的公司：第一种公司优先调整产量，第二种公司优先调整价格来保证利润的最大化^[34]。Cournot - Bertrand 模型在现实经济中是存在的，如在寡头市场中，处在主导位置的公司选择产量作为它的决策变量，处在不利位置的公司选择价格作为决策变量来获得更大的市场份额。关于互补品之间的 Cournot - Bertrand 博弈方面的研究很少。从目前全球制造企业来看，主制造商一般是覆盖全价值链实力强劲的制造企业，其利用领先优势覆盖着从产品创意直至产品交付和售后服务的完整价值链过程，处于核心地位，而数量众多的企业则处在制造生产这一价值链的中间环节，即所谓的辅制造商。李勇等^[35]研究证明多主体间的协同合作不仅可以使供应链系统利润最优，而且还能形成双赢的局面。陈洪转等（2012）针对“主制造商—供应商”生产模式特点，基于经典冲突模型，提出了具有超级支配者的超冲突分析模型，建立了两阶段的均衡稳定性求解过程，证明了在一般稳定性基础上，通过主制造商对系统施加的力，可使一般均衡向超级均衡移动，得出介于 Nash 均衡和 Shapley 值均衡之间的超均衡^[4]。对于以利润最大化为目标的企业，价格一直是比较值得关注的问题。Gabszewicz^[36]考虑两个独立的寡头企业之间的 Bertrand 博